

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3080430号

(P3080430)

(45) 発行日 平成12年 8 月 28 日 (2000. 8. 28)

(24) 登録日 平成12年 6 月 23 日 (2000. 6. 23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

B 0 1 D 63/02

B 0 1 D 63/02

63/00

5 1 0

63/00

5 1 0

69/08

69/08

請求項の数 2 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平3-123168

(22) 出願日 平成 3 年 4 月 26 日 (1991. 4. 26)

(65) 公開番号 特開平4-227030

(43) 公開日 平成 4 年 8 月 17 日 (1992. 8. 17)

審査請求日 平成10年 4 月 1 日 (1998. 4. 1)

(31) 優先権主張番号 特願平2-172692

(32) 優先日 平成 2 年 7 月 2 日 (1990. 7. 2)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(73) 特許権者 000116806

旭メディカル株式会社

東京都千代田区神田美土代町 9 番地 1

(72) 発明者 花井 智司

宮崎県延岡市旭町 6 丁目 4100 番地 旭メ

ディカル株式会社内

(72) 発明者 似鳥 嘉昭

宮崎県延岡市旭町 6 丁目 4100 番地 旭メ

ディカル株式会社内

(72) 発明者 渡邊 哲夫

宮崎県延岡市旭町 6 丁目 4100 番地 旭化

成工業株式会社内

(74) 代理人 100087103

弁理士 佐々木 俊哲

審査官 谷口 博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 選択透過性中空繊維束及びそれを内蔵した流体分離装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 中空繊維 1 本に対し 2 ～ 3, 0 0 0 本の割合で繊維度 0. 0 5 ～ 2 0 デニールのフィラメントが該中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列され、かつ少なくとも一部の該フィラメントが該中空繊維に絡みつくことにより該中空繊維が該フィラメントにより互いに結束された状態にある選択透過性中空繊維束。

【請求項 2】 中空繊維 1 本に対し 2 ～ 3, 0 0 0 本の割合で繊維度 0. 0 5 ～ 2 0 デニールのフィラメントが該中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列され、かつ少なくとも一部の該フィラメントが該中空繊維に絡みつくことにより該中空繊維が該フィラメントにより互いに結束された状態にある選択透過性中空繊維束を内蔵する流体分離装置。

【発明の詳細な説明】

2

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】 本発明は、限外濾過法、透析法、浸透法、逆浸透法等による液体の分離や混合気体の分離などに利用することができる選択透過性中空繊維束及びそれを内蔵した流体分離装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 中空繊維型の流体分離装置に対する小型、高性能化の要求は非常に高い。この要求に応えるために従来から装置の分離効率の低下の原因となる流体の装置内部での偏流を防止すべく、1 本又は 2 本の中空繊維毎にスパーサーヤーンをラセン状に巻きつけて、中空繊維と中空繊維との距離を実質的にはほぼ一定となるように規制する方法 (特公昭 5 9 - 1 8 0 8 4 号公報) や、中空繊維束の中に特殊な形状をもった複数の糸状体を分散させ、中空繊維同士の密着を防止する方法 (特開平 2

ー60658号公報)、また、撚糸を中空繊維と平行に且つ個々の中空繊維に結合させずに中空繊維束内に均一に付与して流体分離装置の筒状容器内の不要空間を充填し、局所的な流れの抵抗を選択的に増大させる方法(特開平2-140172号公報)等が提案されている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特公昭59-18084号に提案されている方法では、1本又は2本の中空繊維毎に巻きつけられたスパーサーヤーンにより分離効率の向上は図れるものの、中空繊維束全体がかなり嵩高になるため、分離装置筒体内への中空繊維の充填率を60%以上の高いものにしようすると中空繊維束を流体分離装置の筒状容器にセットする際無理に絞って細くする必要があり、中空繊維に損傷を与えやすく成型収率が大幅に低下してしまう。また、スパーサーヤーンに細いものを使用することは充填率の向上を一応可能にするが、巻きつけ作業は困難を極め、中空繊維束の量産が行えない。また、ラセン巻の場合は中空繊維の長さ方向に、隣接する中空繊維との間にスパーサーヤーンが存在しない区間が多いため、細いスパーサーヤーンでは、スパーサーとしての役目がほとんど発揮されず分離効率が向上しない。中空繊維の充填率を上げて選択透過性中空繊維の有効膜面積を増加させると同時にその膜面をできるだけ分離に寄与させることは、流体分離装置の小型、高性能化にとって極めて重要であるため、これらの点が本従来法の問題であった。

【0004】また、特開平2-60658号に提案されている方法では、中空繊維の一部を性能に寄与しない糸状体で置き換えているために、性能発現にとって重要な選択透過性中空繊維の有効膜面積を十分に確保することができず小型、高性能化に不向きである。さらに、糸状体には軸方向に波形状、径変化、ラセン状または表面に凹凸が付与されており、このような形状の糸状体の製造には手間がかかり、高価になるといった問題もある。

【0005】また、特開平2-140172号公報に提案されている方法は同一の筒状容器内に異なる本数の中空繊維を充填することにより、一種類の容器で種々の膜面積の透析器を製造することを目的としたものであり、撚糸は使用する中空繊維の本数の差によって生じる筒状容器内の不要空間の充填のために、中空繊維と同等の径のものを中空繊維10~25本あたりに1本入れることを提案しているにすぎず、高い分離効率と有効膜面積の増加を同時に満たそうとする流体分離装置の小型、高性能化には不向きである。

【0006】これらの従来技術に鑑み、本発明者らは分離効率に優れ、同時に選択透過性中空繊維の充填率を向上させることにより有効膜面積を増加させた小型且つ高性能な流体分離装置の実現を課題とした。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者らは上記課題

を、中空繊維束を内蔵してなる流体分離装置用の選択透過性中空繊維束の間隙に、該中空繊維1本に対し2~3,000本の割合で繊度が0.05~20デニールのフィラメントを該中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列し、且つ少なくとも一部の該フィラメントを該中空繊維に絡みつけることによって解決した。

#### 【0008】

【発明の構成】本発明の選択透過性中空繊維束と流体分離装置に内蔵される中空繊維は、選択的な透過能を有する中空繊維である限りにおいては素材及び形状などによって限定されることはないが、例えばポリアクリロニトリル、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリメチルメタクリレートなどのポリオレフィン系重合体、ポリアミド系重合体、ポリエステル系重合体、銅アンモニア再生セルロース、酢酸セルロースなどのセルロース系重合体から形成される。

【0009】中空繊維の外径、内径及び長さなども特に限定されるものではないが、フィラメントの効果がよく現われるのは外径が約100~1,000 $\mu$ mの中空繊維を内蔵する流体分離装置、特に血液透析装置の場合である。

【0010】本発明に用いられるフィラメントは、中空繊維束内に分散させて中空繊維と中空繊維の間に極めて微小でばらつきの少ない間隙を形成させると同時に中空繊維束を集束し互いに結束させる役割を有するものであり、その繊度及び中空繊維1本に対して分散させる混入比は、本発明の目的を達成させるために欠くべからざる要件である。即ち、フィラメントの繊度は0.05~20デニールであることが必須であり、好ましくは0.5~10デニール、更に好ましくは1~5デニールである。細いフィラメントは他のフィラメントや中空繊維との絡みが良いので中空繊維の結束性を高める点で好ましいが、繊度が0.05デニール未満では作業性が極端に悪くなり中空繊維束へのばらつきのない分散が困難である上、中空繊維間に十分な隙間をあけることができない。また20デニールを越えると高粘性が増し、選択透過性中空繊維の有効膜面積を上げることができず小型、高性能化にとって不適當である上に、フィラメントのコシが強くなりすぎて他のフィラメントや中空繊維と絡む能力が劣ってしまう。

【0011】また、フィラメントの混入比は中空繊維1本に対し2~3,000本が必須であり、好ましくは2~500本、更に好ましくは3~100本である。混入比が1本以下では、選択透過性中空繊維間に十分な流路が形成できず、偏流により分離効率が低下してしまう上にフィラメントによる中空繊維の結束効果が乏しく、本発明の効果が十分に発揮されない。

【0012】フィラメントの繊度と混入比は互いの兼ね合いで適宜決定される。即ち繊度が低いほどフィラメントの混入比を多くとる必要があるが、それでも混入比が

3,000本を越えると中空繊維束の高高性が増し、選択透過性中空繊維の有効膜面積を上げることができず小型、高性能化にとって不適当である。以上の条件を満たすフィラメントは、中空繊維束内に分離されると少なくとも一部が中空繊維に絡みつき、また、多く場合フィラメント同士も絡みあって、それにより束全体が密に集束される。

【0013】フィラメントの素材は特に限定されるものではなく、例えばポリエステル、ポリアミド、ポリアクリロニトリル、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリフッ化ビニリデン、セルロース、セルロースエステル系の繊維などが目的、用途に応じて適宜用いられる。具体的には例えば腐食性の強い流体の分離には、ポリフッ化ビニリデン系繊維が好ましく、また血液透析の場合には溶出物の少ないポリエステル、セルロースエステルなどの繊維が好ましく用いられる。

【0014】本発明に用いられるフィラメントは、前述の織度を満たすものであれば、その形状は限定されないが、特に中空繊維を高高にしないように結束するためには、長さ方向に実質的に連続した一定の断面形状を有する単繊維が、中空繊維束の製造の容易性やコスト面からも好ましい。フィラメントの混入比を小さくする場合に断面形状が非円形の任意の形状のフィラメントを用いると、フィラメントの中空繊維への絡みが良く結束性が向上する。

【0015】本発明において中空繊維とフィラメントとは中空繊維束全長にわたって実質的に同一方向に配列されているが、個々のフィラメントは必ずしも長手方向全域にわたって中空繊維とほぼ平行に直線状に並んでいるのではなく、一部は微小区間で波をうっていたり、数本の中空繊維にゆるやかにまたがるように斜めに走っているものもある。したがってフィラメントの一部は隣接するフィラメントと交絡し、また別のフィラメントの一部は1本〜数本の中空繊維の外壁面に這うように接しており、各部位でのこれらフィラメントの交絡や接触が、全体として中空繊維束の全長にわたる束割れのない密な集束をもたらしている。

【0016】第1図は本発明の選択透過性中空繊維束の任意の横断面の模式図を示している。フィラメント2の直径は中空繊維1のその約 $10^{-1}$ 〜 $10^{-2}$ と極めて細いので、フィラメント2の存在はそれが全く無い場合と比べて中空繊維束全体の嵩をほとんど増加させず中空繊維の充填率の高い束を実現させる。また、中空繊維のみから構成される束の場合は外周を帯などで拘束しない限り各中空繊維はばらばらになってしまい、密に集束された状態の束としては存在し得ないが、本発明の中空繊維束ではフィラメントが各中空繊維を不要な大きい隙間をつくらずに結束する役割を果たし、中空繊維間の距離をどの部位でも微小且つほぼ一定の状態に維持させている。したがって本発明の中空繊維束は、特別な外力を与

えない限り束の状態をほぼ維持しており、非常に取り扱い易い。すなわち、従来の中空繊維では束全体を包囲する「巻き紙」の使用が必要不可欠であったが、本発明の中空繊維束では中空繊維束の、特に束の最外周部からの個々の中空繊維の離脱や、中空繊維の潰れ、折れといった損傷が束の取り扱い中ほとんど発生しないので、束を巻く帯は必ずしも必要でない。それゆえ流体分離装置用の円筒状容器への挿入に先立つ中空繊維束の紙巻き作業、及び挿入後の紙の取り外し作業が省略可能であり、成型が極めて容易に行える。

【0017】第2図は本発明の流体分離装置の1例を示すもので、円筒状容器3内に、フィラメント2によって結束された中空繊維束6が内蔵されている。

【0018】フィラメント2は流体分離装置内で中空繊維1とはほぼ同じ程度の長さを有しており、中空繊維と一緒に集束されて両端をポッティング剤7によって流体分離装置の容器3に固着される。中空繊維のみから構成される束の場合は、中空繊維の充填率を68%程度にまで高めると、円筒状容器3にセットされた中空繊維束両端の一部に中空繊維の密集部分ができる。この密集部分の中空繊維間のわずかな隙間には粘性の高いポッティング剤が浸入することができず、いわゆるポッティング部不良の状態となる。このような中空繊維の密集部分を失くすため、通常は円筒状容器にセットする前の中空繊維束の端部のもみほぐしを行うが、その際中空繊維同士が絡み合って高高性が増し、円筒状容器3に再びセットすることが出来なくなるか、無理に絞って細くしようとすると中空繊維に損傷を与え成型収率が低下してしまう。しかしながら本発明の中空繊維束では中空繊維は最密充填に近い状態で配列しているにも拘わらず各中空繊維の間にフィラメントの存在によって微小ながらも確実に隙間が形成されているので、中空繊維の充填率を68%程度にまで高めても中空繊維の密集部分ができず、もみほぐしを行わなくても中空繊維束両端におけるポッティング剤の中空繊維間への廻り込みが良く、それゆえポッティングが確実である。

【0019】第1の流体は入口4から容器内に入り出口5から流出する。第2の流体は入口9から入り、出口10から流出する。その間中空繊維束の外側を流れる第1の流体は偏流することなく装置内を広く流れるので、中空繊維内を流れる第2の流体との間に、高い分離効率を示す。

【0020】なお、若干量のフィラメントが流体分離装置内で切れていても本発明の効果に影響はない。

【0021】本発明の選択透過性中空繊維とフィラメントからなる選択透過性中空繊維束の製造法に限定はなく、所定本数のフィラメントを1本1本の状態で中空繊維とひき揃え、それを束ねて中空繊維束とする方法や、1本または数本の中空繊維と数十本束ねたフィラメントとをひき揃え、それを束ねて中空繊維束とする方法があ

る。この場合は、1本1本のフィラメントを中空繊維のまわりに分散させ、その一部を中空繊維に絡みつかせるために、ひき揃え中に注水を行うかまたはエアーを送る方法、または長い束の状態で一端を固定し、他端をフリーな状態で流水中に浸漬する方法や流水下で一端を固定した短い束を振動させる方法などが採用される。

#### 【0022】

【実施例】次に実施例により本発明をより具体的に説明する。なお、以下の実施例においては流体分離装置の1例として血液透析装置を作製し、その分離効率を尿素的

10 透析効率で評価した。  
【0023】（実施例1）内径250 $\mu$ m、外径320 $\mu$ mのポリアクリロニトリル系中空繊維2本に対して、2.1デニールの単糸が24本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、注水を行いながら巻取り集束した。さらにこれを長い束の状態

で一端を固定し、他端をフリーな状態にして流水中で1本1本のフィラメントが中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列され、かつフィラメントの一部が他のフィラメント及び中空繊維に絡みつき中空繊維が互いにフィラメントにより

20 結束された状態の選択透過性中空繊維束を作成した。その際の中空繊維本数は6,900本で、フィラメントの混入比は12であった。  
【0024】（実施例2）実施例1で作成した選択透過性中空繊維束を内径31.6mm、長さ210mmの容器に収納して成型し、組立てて透析装置を製造した。その際の充填率は68.5%、有効膜面積は1.0m<sup>2</sup>であった。  
【0025】上記仕様の透析装置を100本製造したときの成型、組立て収率は98%であった。また、透析実

験を、尿素1g/リットルの濃度の溶液を中空繊維の内側に200ml/分で流し、中空繊維の外側に水を500ml/分で流すことにより行い、尿素的入口及び出口

濃度を測定することによりクリアランスを実測したところ、191ml/分であった。さらに、用いた中空繊維の尿素的透過係数は15.2 $\times 10^{-4}$ cm/秒で、理論クリアランスを計算すると192ml/分であった。以上より透析効率は99%であった。  
【0026】（実施例3）内径250 $\mu$ m、外径320 $\mu$ mのポリアクリロニトリル系中空繊維2本に対して、0.1デニールの単糸が1,120本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、注水を行いながら巻取り集束した。次にこれを長い束の状態

20 10 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2

		中空繊維				フィラメント			容器		充填率 (%)	有効 膜面積 ( $\text{m}^2$ )	実測透過率 リットル分 ( $\text{ml}/\text{分}$ )	理論透過率 リットル分 ( $\text{ml}/\text{分}$ )	透析 効率 (%)	備 考
		素 材	内径 ( $\mu\text{m}$ )	外径 ( $\mu\text{m}$ )	本 数	素 材	線径 ( $\text{d}$ )	混入比	内径 ( $\text{mm}$ )	長さ ( $\text{cm}$ )						
実施例 1	ポリプロピレン	250	320	6,900	ポリプロ	2.1	12	—	—	—	—	—	—	—	—	100本の成 品組立 て収率8%
実施例 2	"	"	"	"	"	"	"	31.6	210	68.5	1.0	191	192	99		
実施例 3	"	"	"	8,300	"	0.1	560	—	—	—	—	—	—	—		
実施例 4	"	"	"	"	"	2.1	48	34.7	251	68	1.5	197	198	99		
実施例 5	"	"	"	"	"	2.5	3	"	"	"	"	"	"	"		
実施例 6	"	"	"	"	"	4.2	"	"	"	"	"	199	198	101		
実施例 7	"	"	"	"	"	2.1	18	"	"	"	"	186	198	99		
実施例 8	"	"	"	"	"	0.1	560	"	"	"	"	194	198	98		
実施例 9	"	"	"	"	"	15	6	"	"	"	"	193	198	97		
実施例 10	"	"	"	"	"	0.1	2,800	"	"	"	"	192	198	97		
実施例 11	"	"	"	"	"	"	93	"	"	"	"	196	198	99		
実施例 12	"	"	"	"	"	"	448	"	"	"	"	"	"	"		
比較例 1	"	"	"	6,900	—	—	—	31.6	210	(68.5)	(1.0)	—	—	—	フィラメントなし	
比較例 2	"	"	"	8,400	—	—	—	40	240	50	1.6	182	198	92	フィラメントなし	
比較例 3	"	"	"	6,900	ポリプロ	(75)	(1)	31.6	210	—	—	—	—	—	の巻、10本の成 品組立て収率8%	
比較例 4	"	"	"	7,800	"	"	"	41.3	265	45	1.5	185	198	93	の巻	
実施例 13	"	"	"	6,200	"	2.1	96	35.9	276	45	1.3	191	197	97	の巻	
比較例 5	"	"	"	8,300	"	(15)	(0.5)	34.7	251	68	1.5	186	198	94	の巻	
実施例 14	"	"	"	7,300	"	15	3	34.7	251	69	1.3	193	197	98		
比較例 6	"	"	"	"	"	"	0.5	"	"	"	1.3	181	197	92	混入比少	
比較例 7	"	"	"	8,800	"	(15)	0.04	40	240	56	1.5	179	198	90	減糸 (外径 320 $\mu\text{m}$ )	

【0029】（比較例1）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維のみからなる中空繊維束を作製した。さらに、中空繊維本数、充填率、容器及び有効膜面積は実施例2と同一条件にて成型し、組立てた。その結果、10本製造したときの成型、組立て収率は0%で、全てが中空繊維束両端の隔壁を鋳造するポッティングの際の硬化性液剤（ポッティング剤）が浸入せずに起こった小孔による隔壁の漏洩による不良品であった。

【0030】（比較例2）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維9,400本のみからなる中空繊維束を内径40mm、長さ240mmの容器に収納して成型し組立てて透析装置を製造した。その際の充填率は60%、有効膜面積は1.6 $\text{m}^2$ であった。得られた透析装置で、実施例1で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0031】（比較例3）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維に、特公昭59-18084号公報の実施例1と同様に75デニールのポリエステル加工糸を中空繊維10mmに対し1回の巻き数でSおよびZの2層にラセン状に巻きつけて集束した中空繊維束を作製した。ただし、中空繊維本数、充填率、容器及び有効膜面積は本実施例2と同一条件にて成型し、組立てた。その結果、10本製造したときの成型、組立て収率は0%で、全てが中空繊維束の高高性能のために容器に挿入する際に受けた中空繊維の損傷が原因する不良品であった。

【0032】（比較例4）比較例3と同じ要領で中空繊維に75デニールのポリエステル加工糸を巻きつけた中空繊維束を作製し、有効膜面積を実施例4～12の1.5 $\text{m}^2$ と同一となるように、内径41.3mm、長さ2

66mmの容器に中空繊維本数7,800本、充填率45%で収納して成型し、組立てて透析装置を製造した。得られた透析装置で、実施例1で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0033】（実施例13）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維1本に対して、2.1デニールの単糸が96本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、実施例1で述べたと同じ方法で選択透過性中空繊維束を作成し、内径36.9mm、長さ276mmの容器に収納して成型し組立てて透析装置を製造した。その際の混入比は96、中空繊維本数は6,200本、充填率は45%、有効膜面積は1.3 $\text{m}^2$ であった。得られた透析装置で、実施例2と同様に透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0034】（比較例5）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維2糸条一対として15デニールのポリエステル加工糸（単糸デニール2.5dのモノフィラメント6本よりなるマルチフィラメントの加工糸）を、特公昭59-18084号公報の実施例3と同様に0.5回/10mmの巻き数で一層に巻きつけた集束した中空繊維束を作製した。ただし、中空繊維本数、充填率、容器及び有効膜面積は本実施例4～12と同一条件にて成型し、組立てて透析装置を製造した。得られた透析装置で、実施例2で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0035】（実施例14）実施例1で使用了のものと同じポリアクリロニトリル系中空繊維4本に対して、15デニールの単糸が12本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、実施例1で述べたと同じ方法で

選択透過性中空繊維束を作成し、内径34.7mm、長さ251mmの容器に収納して成型し組立てて分離装置を製造した。その際の混入比は3、中空繊維本数は7、300本、充填率は60%、有効膜面積は1.3m<sup>2</sup>であった。得られた透析装置で実施例2と同様に透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0036】(比較例6)中空繊維24本に対して、15デニールの単糸が12本集まったポリエステルマルチフィラメントをひき揃え、混入比が0.5となるようにした以外は実施例14と同一の条件で透析装置を製造した。得られた透析装置で実施例2と同様の透析実験を行った。得られたクリアランス及び透析効率の結果を表1に示す。

【0037】(比較例7)実施例1で使用したのと同じポリアクリロニトリル系中空繊維を用いて特開平2-140172号公報の実施例と同様の中空繊維束を作成した。すなわち、中空繊維25本に対して、15デニールの単糸が36本集まったポリエステル燃糸1本をひき揃えて作成した。この中空繊維束を内径40mm、長さ240mmの容器に収納して成型し組立てて透析装置を製造した。その際の中空繊維1本に対する燃糸の混入比は0.04、中空糸本数は8,800本、充填率は56%、有効膜面積は1.5m<sup>2</sup>であった。得られた透析装置の性能を表1に示す。

【0038】(実施例15)内径185μm、外径220μmの銅アンモニア再生セルロース系中空繊維4本に対して、1.6デニールの単糸が32本集まったポリエ

\* ステルマルチフィラメントをひき揃え、エアーを吹きつけながら巻取り集束して、フィラメントが、中空繊維の長さ方向と実質的に同一方向に配列され、かつフィラメントの一部が中空繊維に絡みついた選択透過性中空繊維束を作成した。その際の中空繊維本数は12,000本でフィラメントの混入比を8であった。

【0039】以上により作成した選択透過性中空繊維を内径36.5mm、長さ276mmの容器に収納して成型し、組立てて透析装置を製造した。その際の湿潤時の充填率は67%、有効膜面積は1.80m<sup>2</sup>であった。得られた透析装置を用いて実施例2と同様の透析実験を行った。その結果クリアランスの実測値は194ml/分であり、用いた中空繊維の尿素の透過係数は12×10<sup>-4</sup>cm/秒で理論クリアランスを計算すると198ml/分であった。以上により透析効率は98%であった。

【0040】(実施例16~20)実施例15で使用したのと同じ銅アンモニア再生セルロース系中空繊維に対して表2に示したような素材、繊維度、混入比の条件で、実施例15と同様な方法で選択透過性中空繊維束を作成し、表1に示したような容器に収納して成型し、組立てて透析装置を製造した。その際の中空繊維本数、湿潤時充填率、有効膜面積は表2に示す通りであった。得られた透析装置を用いて、実施例15と同様の透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表2に示す。

【0041】

【表2】

	中空繊維			フィラメント			容器		充填率 (%)	有効膜面積 (m <sup>2</sup> )	実測尿素 クリアランス (ml/分)	理論尿素 クリアランス (ml/分)	透析効率 (%)	備考
	素材	内径 (μm)	外径 (μm)	本数	素材	繊維度 (d)	混入比	内径 (mm)	長さ (mm)					
実施例15	銅アンモニア再生セルロース	185	220	12,000	ポリエステル	1.6	8	36.5	276	67	1.8	194	198	98
実施例16	"	"	"	11,000	"	"	"	"	"	51	1.7	193	197	98
実施例17	"	"	"	"	"	2.5	3	"	"	"	"	191	"	97
実施例18	"	"	"	"	ベンベルグ	1.7	11	"	"	"	"	187	"	95
実施例19	"	"	"	7,500	ポリエステル	0.1	50	33.0	251	59	1.3	187	193	97
実施例20	"	"	"	8,900	"	2.5	2	28.6	210	69	1.0	182	185	98
比較例8	"	"	"	12,000	—	—	—	36.5	276	67	1.8	179	198	90
比較例9	"	"	"	10,300	ベンベルグ	1.7	11	36.5	276	57	1.5	155	195	80

【0042】(比較例8)実施例15で使用したのと同じ銅アンモニア再生セルロース系中空繊維のみからなる中空繊維束を作成した。さらに、中空繊維本数、湿潤時充填率、容器及び有効膜面積は実施例15と同一条件にて成型し、組立てた。得られた透析装置で実施例15で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表2に示す。

【0043】(比較例9)実施例15で使用したのと同じ銅アンモニア再生セルロース系中空繊維4本に対し

て、1.7デニールの単糸が44本集まったベンベルグ(登録商標)マルチフィラメントをひき揃え、エアーを吹きつけることなく巻取り集束した。その際の中空繊維本数は10,300本でフィラメントの混入比は1:1であった。以上により作成した選択透過性中空繊維束を内径36.5mm、長さ276mmの容器に収納して成型し組み立てて透析装置を製造した。得られた透析装置で実施例15で述べた透析実験を行って求めたクリアランス及び透析効率の結果を表2に示す。なお、中空繊維



束端面を観察すると中空繊維とフィラメントが分離したような状態になっていた。

【0044】

【発明の効果】本発明にしたがえば、フィラメントの線度が細いために中空繊維束の高高性がほとんど増加せず、しかも束が密に結束しているので、中空繊維の充填率の高い流体分離装置を収率良く製造することができ、小型・高性能化が可能となる。例えば、中空繊維の充填率 $\rho$ を容器内壁の断面 $M$ 、中空繊維の外周のなす円形断面の面積 $m$ 、中空繊維の本数を $N$ としたとき $\rho = N \cdot m$  10  
 $/M$ で定義すれば、従来法では充填率が60%を越えると成型収率が低下するのに対し、本発明に従えば、68%の充填率でも95%以上の成型収率を達成することが可能である。それ故本発明の流体分離装置では、充填率が高められる分だけ小型の容器で設計しても従来法と同等な有効膜面積を得ることが可能である。

【0045】また、本発明の流体分離装置では細い線度のフィラメントが多数中空繊維束内に分散されているために、中空繊維間に極めて微小でばらつきの少ない隙間が形成されており、それゆえ中空繊維の外側を流れる流体がこの隙間を流路として限なく分配され、偏流することがなく顕著な分離効率の改善が実現できる。

【0046】本発明の流体分離装置を血液透析装置として使用する場合、実測されるクリアランス（単位時間当たり実際にその装置により透析除去される尿素などの溶質の量）の、下記の数式1で示される理論クリアランスに対する百分率で定義される透析効率は、本発明にしたがう血液透析装置ではほぼ100%が実現できる。 \*

\*【0047】

【数1】

$$C_L = \frac{1 - \exp[N_T(1-Z)]}{Z - \exp[N_T(1-Z)]} \cdot Q_0$$

ここで、血流量： $Q_0$

透析液流量： $Q_0$

流量比： $Z = Q_0 / Q_0$

移動単位数： $N_T = KA / Q_0$

$K$ ：総括物質移動係数

$A$ ：透析装置の有効膜面積

【図面の簡単な説明】

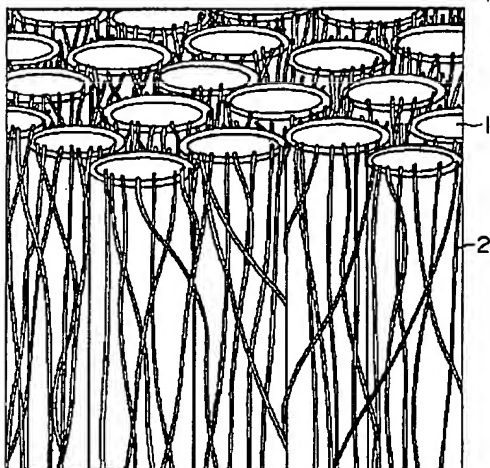
【図1】本発明のフィラメントを分散させた選択透過性中空繊維束の横断面の模式図である。

【図2】本発明の流体分離装置の1例を示す縦断面図である。

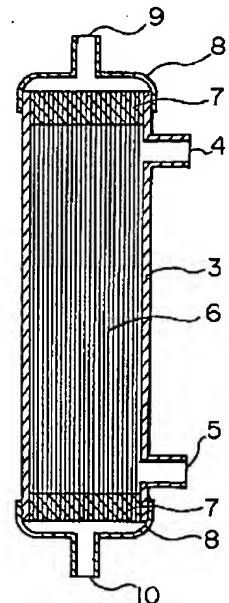
【符号の説明】

- 1 中空繊維
- 2 フィラメント
- 3 容器
- 4 第1の流体の入口
- 5 第1の流体の出口
- 6 中空繊維束
- 7 隔壁（ボッティング部）
- 8 ヘッダー
- 9 第2の流体の入口
- 10 第2の流体の出口

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 錦戸 條二

宮崎県延岡市旭町6丁目4100番地 旭化  
成工業株式会社内

(56)参考文献 特開 平3-278821(JP, A)

特開 昭53-35683(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

B01D 63/02

B01D 63/00 510

B01D 69/08

WPI(DIALOG)